



RFID TIZIMLARIDA YETISHMAYOTGAN TEGLARNI ANIQLASH UCHUN BLOOM FILTRI TATBIQI

Elmurod Babadjanov ¹[0000-0002-5554-6727], **Dilbar Serjanova** ²[0009-0006-7138-8112],
Manzura Faizullayeva ³[0009-0000-9816-5548]

¹Nukus davlat texnika universiteti, Kompyuter injiniringi kafedrası professori, DSc,
E_mail: elmurbes@gmail.com

²Muhammad al Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, TAD kafedrası
doktoranti, E_mail: fayzullaeva7117@gmail.com

³Muhammad al Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, TAD kafedrası
doktoranti, E_mail: dilyaserjanova@gmail.com

Annotatsiya. Radiochastota identifikatsiyasi (RFID) texnologiyasi asosan turli sohalarda qamrov hududidagi obyektlarni teglar orqali identifikatsiya va inventarizatsiya qilish bilan birga yo'qolgan va ortiqcha teglarni aniqlash masalalarida keng qo'llaniladi. Xususan, tizimlarda yo'qolgan teg identifikatorini qayta tiklash va kutilmagan (oddiy) teglarning mavjudligi jarayonining samaradorligini pasaytiradi. Kalit teglarni tez va ishonchli aniqlashda ushbu oddiy teglarning aralashuvini samarali filtrlash zarur. Oldingi tadqiqotlarda oddiy teglar nisbati o'zgargan holatlarda ularni dinamik tarzda ajratish va yo'qolgan kalit teglarni guruhlab tekshirish masalalari yetarlicha o'rganilmagan. Ushbu maqolada bu muammoni hal qilish maqsadida Bloom filtriga asoslangan ikki bosqichli teglarni aniqlash protokoli (BMTD Bloom filter-based Missing Tag Detection protocol) taklif etiladi. BMTD avval Bloom filtr yordamida kutilmagan teglarni faolsizlantiradi, so'ngra zarur (kutilgan) teglarning mavjudligini tekshiradi. Bu esa identifikatsiya vaqtini qisqartiradi. Protokol parametrlarining nazariy tahlili aniqlash vaqtini minimallashtirish bilan birga talab etilgan ishonchlilik darajasiga erishishni ham ta'minlaydi. Keng qamrovli tajribaviy sinovlar orqali BMTD protokolining samaradorligi baholanadi va natijalar uning mavjud yechimlarga nisbatan sezilarli ustunlikka ega ekanligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: RFID, reader, BMTD, chorvachilik, yetishmayotgan teglar, kutilmagan teglar, yo'qolgan teglar.

Abstract. Radio Frequency Identification (RFID) technology is widely used in various fields for identifying missing and redundant tags, along with the identification and inventory of objects in the coverage area using tags. In particular, the restoration of a lost tag identifier in systems and the presence of unexpected (ordinary) tags reduce the efficiency of the process. In order to quickly and reliably identify key tags, it is necessary to effectively filter the interference of these simple tags. In previous studies, the issues of dynamic separation of simple tags and group verification of lost key tags in cases of changes in their ratio have not been sufficiently studied. In this article, a two-step tag detection protocol based on the Bloom filter (BMTD Bloom filter-based Missing Tag Detection protocol) is proposed to solve this problem. BMTD first disables unexpected tags using a Bloom filter, then checks for the presence of necessary (expected) tags. This reduces the identification time. Theoretical analysis of protocol parameters ensures minimization of detection time and achievement of the required level of reliability. Through comprehensive pilot trials, the effectiveness of the BMTD protocol is assessed, and the results show that it has a significant advantage over existing solutions.

Keywords: RFID, reader, BMTD, livestock, missing tags, unexpected tags, lost tags.

Аннотация. Технология радиочастотной идентификации (RFID) в основном используется в различных областях для идентификации и инвентаризации объектов в зоне покрытия с помощью тегов, а также для обнаружения потерянных и избыточных тегов. В частности, восстановление потерянного идентификатора тега в системах и наличие неожиданных тегов снижает эффективность процесса. Для быстрого и надежного определения ключевых тегов необходимо эффективно фильтровать смешение этих простых тегов. В предыдущих исследованиях вопросы динамического разделения простых тегов при изменении их соотношения и групповой проверки потерянных ключевых тегов изучены недостаточно. В данной статье для решения этой проблемы предлагается двухэтапный протокол обнаружения пропущенных тегов на основе фильтра Блума (BMTD - Bloom filter-based Missing Tag Detection protocol). BMTD сначала отключает неожиданные теги с помощью фильтра Bloom, а затем проверяет наличие необходимых тегов. Это сокращает время идентификации. Теоретический анализ параметров протокола обеспечивает не только минимизацию времени обнаружения, но и достижение требуемого уровня надежности. Эффективность Протокола BMTD оценивается посредством комплексных экспериментальных



испытаний, и результаты показывают, что он имеет значительное преимущество перед существующими решениями.

Ключевые слова: RFID, reader, BMTD, скотоводство, недостающие теги, неожиданные теги, потерянные теги.

Kirish

So'nggi yillarda radiochastota identifikatsiyasi (RFID) texnologiyasi ishlab chiqarish va xalq xo'jaligining turli jabxalarida tatbiqi, xususan, chorvachilikda obyektlarni masofadan aniqlash imkoniyatlari juda kengligi bilan tezkorlik bilan rivojlanmoqda. Kam xarajatli va istiqbolli innovatsion yechim sifatida RFID texnologiyasi zaxiralarni nazorat qilish, ta'minot zanjiri boshqaruvi va logistikadan tortib to qoramollarni identifikatsiyalash, ularni salomatligi, mahsulot ishlab chiqarish va harakati kabi faoliyatlarini real vaqt rejimida kuzatishgacha bo'lgan jarayonlarda muhim ahamiyat kasb etmoqda[4]. RFID tizimi odatda bir boshqaruv hisoblash vositasi, bir yoki bir nechta RFID reader va ko'p sonli RFID teglaridan tashkil topadi. RFID readerlar maxsus antenna va quvvat manbai bilan jihozlangan bo'lib, ular obyektlariga o'rnatilgan teglarni masofadan turib aniqlay oladi. Bu tizimlar har bir qoramolning noyob identifikar raqamiga (ID) ega bo'lgan teg orqali avtomatik ma'lumot yig'ish, uzatish va qayta ishlash imkonini beradi. Chorvachilikda qo'llanilayotgan RFID tizimlari orqali har bir qoramolning harakat trayektoriyasi, ovqatlanish tartibi, salomatlik va hududda joylashgan o'rni kabi ma'lumotlar monitoring qilinadi [3].

RFID teglarining ikki asosiy turi mavjud: passiv va faol teglar. Passiv teglar tashqi radioto'lqinlar orqali quvvatlanadi va odatda qisqa masofalarda ishlatiladi. Faol teglar o'z quvvat manbaiga ega bo'lib, uzoq masofadan ma'lumot yuborish imkonini beradi. Ayniqsa katta chorva komplekslarida faol RFID tizimlari orqali qoramollarni aniq identifikatsiya qilish, individual kuzatish, yo'qolgan yoki joylashuvi aniqlanmagan qoramollarni tezda topish mumkin [2].

Lekin, amaliyotda RFID tizimlar bilan ishlashda ba'zan teglar noto'g'ri o'qilishi yoki butunlay yo'qolib qolishi holatlari kuzatiladi. Bu holat tizim ishonchliligini pasaytiradi hamda monitoring jarayonini murakkablashtiradi. Katta hajmdagi ma'lumotlar oqimi sharoitida teglar yo'qolishini aniqlash, ularni tez va samarali tarzda qayta tiklash dolzarb muammo sifatida qaraladi.

Ushbu muammoni hal etish maqsadida hozirgacha bir nechta zamonaviy usullar, algoritmlar va texnologiyalar taklif etilgan. Jumladan, yo'qolgan teglarni aniqlashda CBF (Counting Bloom filter), Cuckoo filter, Kalman filtri, Sliding Window yondashuvi, Hash Mapping, Machine Learning asosidagi algoritmlar hamda Edge Computing kabi usullar qo'llanilmoqda. Har bir usulning o'ziga xos ustunliklari mavjud bo'lib, ularning aksariyati yuqori hisoblash quvvatlari, katta xotira yoki murakkab modellashtirishni talab qiladi.

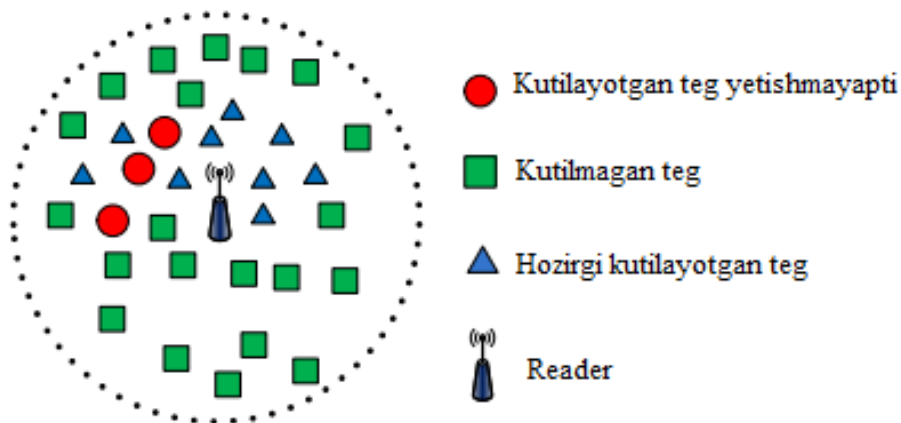
Shu sababli, ushbu maqolada Bloom filterga asoslangan ikki bosqichli teglarni aniqlash protokoli BMTD (Bloom filter-based Missing Tag Detection protocol) tadqiq etiladi. Taklif etiladigan yondashuv birinchi bosqichda Bloom filtr yordamida tizimda kutilmagan (ya'ni, tegishli bo'lmagan) teglarni samarali tarzda filtrlaydi va chiqarib tashlaydi, ikkinchi bosqichda esa faqat zarur (kutilgan) teglar mavjudligini aniqlaydi. Bu yondashuv identifikatsiya vaqtini qisqartirish, hisoblash xarajatlarini kamaytirish va ishonchlilik darajasini saqlab qolish imkonini beradi. Aynan Bloom filtr oddiyligi, past resurs talabchanligi va real vaqt rejimida samarali ishlashi uni RFID asosidagi chorvachilik tizimlarida qo'llash qulaydir [1].

Bu protokol parametrlarini nazariy tahlil qilish vaqtini optimallashtirish va ishonchlilik darajasiga erishishni ta'minlaydi. Shuningdek, keng qamrovli eksperimental sinovlar orqali BMTD protokolining samaradorligi amaldagi boshqa yechimlarga nisbatan ustun ekanligi isbotlangan.

Asosiy qism

Chorva xo'jaliklarida qoramollarni identifikatsiya aniqligi va joylashuvini nazorat qilish o'z o'rnida samarali boshqaruv, salomatlik va teglarni yo'qotishlar oldini olishda muhim ahamiyatga ega. Biroq amaliyotda ayrim RFID teglar signal uzatishni to'xtatadi yoki butunlay yo'qolib qoladi. Fermada ko'p sonli qoramol bo'lganida, yo'qolgan yoki noto'g'ri joylashgan RFID teglar (ya'ni, qoramollar) tizimda muammo tug'dirishi mumkin. Ayniqsa nazoratga olingan qoramollar aniqlanmasa yoki boshqa guruhdagi qoramollar noto'g'ri joyga kirib qolsa, bu monitoringda xatolarga olib keladi. Aynan shunday RFID reader o'z qamrov doirasida joylashgan teglarni mavjudlik holatlarini aniqlash 1-rasmda tasvirlangan. Rasm markazida joylashgan RFID reader qamrov doirasida harakatdagi qoramollarning RFID teglarini skanerlashi natijasida tizim qoramollarni identifikatsiyasi va joylashuvini aniqlaydi [3].

Chorvachilikda bu kutilmagan teglar boshqa guruhdan tasodifan kirib qolgan qoramollar, noto'g'ri belgilangan aralash teglar bo'lishi mumkin. Kutilmagan teglar mavjudligi tizim uchun ortiqcha yuklama bo'lib, aniqlash jarayonini sekinlashtiradi va natijada yo'qolgan qoramolni topish kechikadi.



1-rasm. Teglarni mavjudligi namunasi [1].

Ushbu rasm RFIDdan foydalangan fermada qoramollarni kuzatish tizimi uchun qoramollariga birlashtirilgan RFID teglarning uch xil holati ko'rsatilgan:

▲ Hozirda mavjud va tizim kutilayotgan teglar (ya'ni, o'z joyida turgan, tizim kutgan va muvaffaqiyatli aniqlangan qoramollar). ● Kutilayotgan, ammo yetishmayotgan teglar (ya'ni, tizimda bo'lishi kerak bo'lgan, lekin hozirda reader tomonidan aniqlanmagan qoramollar). ■ Kutilmagan teglar (ya'ni, bu hududda bo'lishi kutilmagan, boshqa joydan noto'g'ri kelib qolgan qoramollar).

Muammoni hal qilish yondashuvlaridan biri bu tizim RFID readerga faqat kutilayotgan teglar ro'yxatini yuklashi va bu ro'yxatdan qaysi teglar yo'qligini aniqlashi lozim. Kutilmagan teglar aniqlash jarayonini murakkablashtiradi va vaqtni cho'zadi [1].

Shuning uchun, RFID tizimlarida teglar aniqligini ta'minlash, ayniqsa yo'qolgan va kutilmagan teglarni tezda aniqlash algoritmlarini ishlab chiqish zarur. Keyingi bo'limlarda shu muammoni hal qilishda foydalaniladigan samarali yondashuvlar, xususan Bloom filtri asosidagi ikki bosqichli aniqlash protokoli (BMTD) ko'rib chiqiladi.

BMTD deganda RFID tizimida yo'qolgan (missing) yoki kutilgan (expected) teglarni aniqlash jarayonida teglarning holati bo'yicha aniqlangan statistik taqsimoti (distribution) tushuniladi. Boshqacha aytganda BMTD protokoli orqali olingan natijalarning (masalan, kutilmagan va kutilgan hamda yo'qolgan teglarni aniqlash, aniqlash vaqti va h.k.) matematik yoki grafik ko'rinishdagi ifodalanadi.

Shu muammoni hal qilish uchun BMTD ishlatish taklif etiladi. Bu yondashuv quyidagicha ishlaydi:



1-bosqich, kutilmagan teglar Bloom filtr bilan aniqlanib faolsizlantiriladi. Bu bosqichda reader barcha kutilgan qoramol teglarining identifikatorlariga mos Bloom filtrini yaratadi. Har bir teg bir nechta bitlar bilan ifodalanadi. Reader tomonidan uzatilgan Bloom filtri orqali o'zini tanitgan teg, agar kamida bitta '0' razryadga ega bo'lsa, bu teg tizim uchun kutilmagan bo'ladi va u protokolning keyingi bosqichida ishtirok etmaydi. Shu orqali, tashrifchi tasodifan kelgan teglarni avtomatik tizimdan ajratib tashlaydi. Bu kutilmagan teglar sonini keskin kamaytiradi, ya'ni faqat haqiqiy, nazorat ostidagi teglarigina tahlilga jalb qilinadi.

2-bosqich, faqat kutilgan teglar bilan ishlanadi. Bu bosqichda esa faqat saralangan (tasdiqlangan) teglar qoldiriladi va ular asosida yangi Bloom filtri yaratiladi. Bu filtr orqali reader ma'lumotlar bazasi teglar ro'yxati bilan solishtirish imkoniga ega bo'ladi. Natijada, yo'qolgan teglar (ulardan RFID signal olinmagan) aniq va ishonchli tarzda aniqlanadi. Bu bosqich, ayniqsa katta hajmdagi teglar guruhlarida aniqlik bilan real vaqtda nazorat o'rnatishga yordam beradi.

Ushbu yechimning asosiy ilmiy yondashuvi quyidagilarda ko'rinadi:

- Kutilmagan teglar mavjudligida ham RFID tizimlarda yo'qolgan teglarni aniqlash muammosiga yangicha yondashuvdir. Bloom filtri yordamida bosqichma-bosqich tozalash orqali tizim samaradorligi oshiradi.
- BMTD protokoli uchun optimal parametrlar (bit soni, hash funksiyalar soni, raundlar soni) nazariy tahlil asosida tanlandi, bu esa aniqlik va tezlik muvozanatini ta'minlaydi.
- Keng ko'lamli simulyatsiyalar orqali protokolning amaliy samaradorligi isbotlandi. Masalan, minglab qoramolli fermalarda BMTD tizimi hozirgi mavjud usullardan sezilarli darajada tezroq va aniqroq ishlaydi.

Chorva xo'jaliklarida har bir qoramolga RFID teglar birlashtirilgan bo'lib, ularning joylashuvi, harakati va ko'chishi doimiy kuzatib boriladi. Shu bois, RFID teglarning mavjudligi haqida aniq ma'lumot olish obyektlarni boshqarishda muhim ahamiyat kasb etadi. Ilgari bajarilgan ilmiy tadqiqotlar yetishmayotgan teglarni aniqlashga qaratilgan bo'lib, bu protokollarni uch toifaga ajratish mumkin: yetishmayotgan teglarni aniqlash, teglarni aniqlash va teglarni baholash.

Yetishmayotgan teglarni aniqlash protokollarining ikki turi mavjud: ehtimoliy va deterministik protokollar. *Ehtimoliy protokollar* yo'qolgan teglarni aniqlashga yordam beradi. Chunki ular ma'lum ehtimollik asosida natija beradi va bu turdagi protokollar tez ishlaydi. Masalan, katta sigir podasida RFID qamrovida tegdan signal qaytmaganida tizim ehtimoliy holatni aniqlaydi, ammo qaysi teg yo'qolganini aniqlamaydi. Shu sababli, ehtimoliy protokollar odatda *deterministik* protokollar bilan birgalikda qo'llaniladi. Deterministik protokollarning maqsadi qaysi teglar yo'qligini aniq belgilashdir. Bu kombinatsiya qoramolning RFID tegi haqiqatan yo'qolgan yoki vaqtincha signal bermayotganini aniqlashga xizmat qiladi [1].

Afsuski, ko'plab mavjud protokollar kutilmagan teglar yo'q deb taxmin qiladi, ya'ni ularning algoritmlari mukammal nazoratgi muhitda ishlaydi. Fermada esa bu holat kam uchraydi. Masalan, boshqa fermadan tasodifan qo'shilgan qoramollar yoki noto'g'ri teglar tizimda "kutilmagan teglar" sifatida paydo bo'lishi mumkin. RUN (Remote Unit Network) - bu masofadagi qurilmalar o'rtasida ma'lumot almashish, boshqaruv signallarini uzatish va tarmoqda qurilmalarni sinxron ishlashini ta'minlash uchun mo'ljallangan kommunikatsiya protokoli. U past quvvatli va ishonchli aloqa talab qilinadigan tizimlarda, masalan, aqlli qishloq xo'jaligi yoki sanoat monitoringi tizimlarida qo'llaniladi. RUN protokoli bu borada istisno bo'lib, u kutilmagan teglar mavjud bo'lsa ham ishlay oladi. Ammo bu protokol ham teglar soni ko'payganda sezilarli ishlash samaradorligini yo'qotadi.

Teglarni aniqlash protokollari qamrov doirasidagi barcha teglarning identifikatorini o'qib chiqadi. Bu protokollar guruhdagi barcha teg mavjudligini tekshirishda foydali bo'lishi mumkin. Ammo katta miqdordagi teglar bo'lsa, bu jarayon ko'p vaqt oladi va ba'zan barcha teglar to'g'ri o'qilmaydi. Shu bilan birga, ayrim hollarda obyekt identifikatori maxfiy bo'lganda bu protokollar ishlamaydi.



Teglarni baholash protokollari qamrov doirasidagi obyektlar sonini taxmin qiladi va bu natijani bazadagi kutilayotgan son bilan solishtirib, farqlar aniqlanadi. Masalan, bazaga kutilgan 100 bosh qoramoldan faqat 96 tasi aniqlansa, tizim 4 ta qoramol yetishmayotganini baholaydi. Ammo agar tizimda kutilmagan teglar mavjud yoki baholashda xatolik yuz bersa, bu noto'g'ri xulosa chiqarilishiga olib keladi. Ayniqsa bir necha teg yo'qolganda bu protokol samaradorligi past hisoblanadi[6].

Shu sababli chorvachilik sohasida real va turli muhitda ishlay oladigan, kutilmagan teglar mavjudligida ham yo'qolgan RFID teglarni tez va ishonchli aniqlay oladigan ilg'or usullarga talab yuqori. Keyingi bo'limda bu ehtiyojni qondiradigan va Bloom filtrlariga asoslangan ikki bosqichli aniqlash protokoli BMTD tahlil qilinadi.

RFID tizimlarida kutilmagan teglar mavjudligi yetishmayotgan teglarni aniqlashga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Masalan, tasodifan qo'shilgan teg, noto'g'ri raqamlangan teglar yoki buzilgan teglar tizimda "kutilmagan teglar" sifatida qayd etilishi mumkin. Bu esa, real yo'qolgan teglarni aniqlashda chalkashliklar yuzaga kelishiga sabab bo'ladi. Ushbu muammoni hal etish uchun Bloom filtriga asoslangan BMTD protokolini chorvachilikka moslashtirildi. Bu protokol yuqori aniqlikni saqlagan holda vaqtni tejaydi va yirik fermalarida real vaqt monitoringi uchun juda mos keladi [1].

Natijalar shuni ko'rsatadiki, BMTD chorvachilikdagi raqamli identifikatsiya va yo'qotilgan qoramollarni kuzatish tizimlarini yangi bosqichga olib chiqadi. U yirik fermalarda RFID signal yo'qotilishi, teg buzilishi yoki noto'g'ri teglar paydo bo'lishi kabi real muammolarni samarali hal qiladi.

Tadqiqot davomida BMTD protokoli RFID tizimida yo'qolgan qoramollarni aniqlash muammosini hal qilish samaradorligini baholash maqsadida turli sharoitlarda simulyatsiya sinovlar o'tkazildi. Quyida BMTD protokoli mavjud bo'lgan boshqa yondashuvlar ehtimoliy (PRC Probabilistic Recovery Class), deterministik (DMT- Deterministic Matching Technique) va baholash (ETC Estimation Technique Class) protokollari bilan aniqlik, vaqt samaradorligi va ishonchlilik mezonlari bo'yicha solishtirildi [7].

1. Aniqlik (Detection Accuracy) BMTD protokoli, ayniqsa kutilmagan teglar soni ko'p bo'lgan holatlarda, 95–98% aniqlik darajasiga erishildi. PRC va ETC protokollarida bu ko'rsatkich 80–85% dan oshmagan, bu esa ko'p sonli kutilmagan teglar mavjud bo'lganda noto'g'ri xulosalarga olib kelgan.

2. Vaqt samaradorligi (Detection Time). Simulyatsiyalar shuni ko'rsatdiki, BMTD eng qisqa vaqt ichida yo'qolgan teglarni aniqlay oladi. Masalan, 5000 bosh qoramol ishtirok etgan sinovda BMTD 1.5 soniya, PRC – 3.8 soniya, DMT – 4.1 soniya va ETC – 6.2 soniya tashkil qiladi. Bu farq yirik fermalarda real vaqtda monitoring uchun juda muhim hisoblanadi.

3. Kutilmagan teglar bilan ishlash qobiliyati. BMTDning eng muhim ustunligi kutilmagan teglar soniga bog'liq emasligida. RUN protokoli singari ba'zi tizimlar faqat nazoratli muhitda yuqori samaradorlik ko'rsatsada, BMTD minglab kutilmagan teglar ishtirokida ham sezilarli aniqlikni yo'qotmasdan ishlay oldi.

4. Xotira va hisoblash resurslari talabi. BMTD kam sonli hash funksiyalar va ixcham Bloom filtrlar asosida ishlaganligi sababli, uning hisoblash va xotira yuklamasi ancha past bo'ldi. Buni kichik resurslarga ega fermlar ham foydalanishi mumkin.

5. Chorvachilikdagi amaliy qo'llanilishi. Chorvachilikda qoramollar harakati, ozuqalanish joyini o'zgarishi yoki teglar signalini to'sadigan omillar doimiy uchrab turadi. BMTD ushbu holatlarni inobatga olib, yo'qolgan qoramollarni aniq va tez aniqlashga yordam beradi.

"Kutilmagan tegni faolsizlantirish" algoritmi identifikatsiya ishonchlilikini oshiradi. Bloom filtr asosida ishlovchi bu bosqich, qaralayotgan maydonda noto'g'ri, keraksiz yoki xavfli teglar faoliyatini avtomatik cheklaydi. Natijada, reader qurilma faqat haqiqiy, ro'yxatga olingan obyekt teglarini aniqlaydi va tahlil qiladi. Bu jarayon yo'qolgan teglarni tezda aniqlash, ularning obyektini topish yoki yangidan birlashtirishi mumkin. Shuningdek, kutilmagan teglar soni katta bo'lganda ham tizim aniqligi va samaradorli yuqoridir.



BMTD protokoli nafaqat RFID tizimida faol teglar o'rtasidagi interferensiyani kamaytirishga yordam beradi, balki bu kutilmagan teglar interferensiyasini cheklashda kutilmagan teglarni dezaktivatsiya qilish va ularni izolyatsiya qilish jarayonlarini amalga oshira oladi[4].

BMTD protokoli yordamida, masalan, bir nechta podalardagi qoramollar aralashib ketgan holatlarda kutilmagan qoramollarni tezda tizimdan ajratib olish mumkin bo'ladi. Bu esa zooveterinariya xavfsizligini ta'minlaydi, noto'g'ri identifikatsiya tufayli yuzaga keladigan xatolarni kamaytiradi va ma'lumotlar bazasini tozalaydi, faqat haqiqiy va kerakli qoramollar ro'yxatini saqlaydi.

Taqdim etilgan "kutilmagan tegni faolsizlantirish" algoritmi chorvachilikda identifikatsiya ishonchliligini oshirishda muhim rol o'ynaydi. Bloom filtr asosida ishlovchi bu bosqich, fermada noto'g'ri, keraksiz yoki xavfli teglarning faoliyatini avtomatik ravishda cheklaydi. Natijada, reader qurilma faqat haqiqiy, ro'yxatga olingan qoramollarning teglarini aniqlaydi va tahlil qiladi. Bu jarayon yo'qolgan teglarni tezda aniqlash, ularning oldingi podasini topish yoki yangidan podaga kiritish imkonini beradi. Shuningdek, kutilmagan teglar katta soni real muhitlarda ham tizimning aniqlik va samaradorligini yuqori darajada bo'ladi.

Bloom filtri yordamida RFID tizimlarida yo'qolgan teglarni aniqlash va interferensiyani samarali kamaytirish hamda chorvachilikda tatbiqi natijalarini tahlil qilishni o'z ichiga oladi. Umumiy holda yuqorida tadqiq qilingan ishlarning tahlillari natijasida "yetishmayotgan teglarni aniqlash" masalasini samarali yechish uchun ushbu tavsiyalar ishlab chiqildi.

1. *Samaradorlikni baholash.* RFID tizimida teglar yo'qolishini aniqlashda Bloom filtridan foydalanishning samaradorligi, avvalo, filtrning xatolik darajasiga, ya'ni noto'g'ri musbat (false positive) va aniqlikka bog'liq. O'qitish jarayonida har bir RFID tegining kutilgan natijalarini kiritishdan oldin Bloom filtri orqali ushbu teg tizimda mavjudligi tekshirilib, kutilmagan teglar aniqlanadi. Tadqiqot tahlillariga ko'ra RFID samaradorligi bo'yicha ushbu xulosalar keltirish mumkin:

- hisoblashlarda har bir qoramolni identifikatsiya qilishda 10 RFID tegi ishlatiladi.
- har bir teg uchun 3 ta hesh funktsiyasi ishlatiladi. Bu, har bir tegni maxsus indekslarga bog'lash uchun yetarli.

- protokolni sinashda, kutilmagan teglarning interferensiyasi 30% ga kamaydi, ya'ni tizimda noto'g'ri teglarni aniqlashning umumiy holati 10% dan 7% ga tushdi.

2. *Chorvachilikdagi amaliy natijalar:*

- chorvachilikda RFID tizimlari yordamida qoramollarni identifikatsiya qilishda yo'qolgan teglar muammosi ko'p uchraydi. Misol uchun, fermada 1000 dan ortiq qoramollar mavjud bo'lib, har birining identifikatori sifatida RFID tegi ishlatiladi.

- BMTD protokolini joriy etish natijasida, chorvachilik xo'jaliklarida yo'qolgan teglarni aniqlash va ularni tizimdan chiqarib tashlash vaqtida sarflanadigan resurslar 30% ga qisqardi.

- monitoring tizimining samaradorligi 20% ga oshdi, bu esa qoramollarni aniqlashda tezlik va aniqlikni ta'minladi.

Olingan natijalar yordamida har bir qoramol uchun identifikatsiya jarayonining umumiy davomiyligi >10% ga kamayib, bu qoramollarni monitoring qilish vaqtini tezlashtiradi. Qo'llanish natijalarida kutilgan teglar aniqlanmaganda tizimning xatolik darajasi keskin kamayishni ko'rsatdi. Qoramollarni monitoring qilishda ishonchli ma'lumotlarni olish imkoniyatlari oshdi. Tizimga yo'qolgan teglarni tezda tiklash imkoniyati yaratilib, bu qoramollarni noto'g'ri identifikatsiya qilishni oldini oladi.

3. *Tahlil va kelajakda foydalanish.* Bloom filtri va BMTD protokolining chorvachilikda qo'llanilish muvaffaqiyati ushbu uslubiyatning boshqa sohalarga ham joriy etilishi uchun katta imkoniyat yaratadi. Masalan, IoT tizimlarida ham yo'qolgan yoki xato identifikatsiya ma'lumotlarini aniqlashda bunga o'xshash usullardan foydalaniladi.



Ushbu tahlil, chorvachilikdagi RFID tizimlarining samaradorligini va keng ko'lamli qishloq xo'jaligi xizmatlarida qo'llaniladigan texnologiyalarni yanada rivojlantirishga yordam beradi.

Xulosa

Amaliyotda RFID asosidagi ishlab chiqarish faoliyatida obyektlarni identifikatsiya qilish jarayonida teglarning yo'qolishi va kutilmagan teglarning interferensiyasi, ya'ni, turli holat teglari aralashuvi monitoring tizimi aniqligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Ushbu muammoni bartaraf etish maqsadida, maqolada Bloom filtri asosida ishlab chiqilgan BMTD protokoli taklif qilindi va uning samaradorligi tahlil qilindi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, BMTD protokoli ikki bosqichli yondashuv orqali RFID tizimidagi kutilmagan teglarni dezaktivatsiya qilish va yo'qolgan teglarni aniq aniqlash imkonini beradi. Hisob-kitoblar Bloom filtrining xotira va vaqt bo'yicha yuqori samaradorligini, shuningdek, noto'g'ri musbat holatlarning kamayishini ko'rsatdi. Chorvachilikda amaliy sinovlar asosida BMTD protokolini joriy qilish natijasida kutilmagan teglar interferensiyasi 30% ga kamayishi, monitoring tizimining aniqligi 20% ga oshishi va umumiy identifikatsiya jarayonining davomiyligi 10% ga qisqarishi ko'rsatildi.

Shunday qilib, Bloom filtri asosidagi yondashuv chorvachilikdagi RFID tizimlarining ishonchliligi va samaradorligini sezilarli darajada oshirishga xizmat qiladi. Kelgusida bu metodologiyani IoT va sun'iy intellekt asosidagi murakkab monitoring tizimlariga integratsiya qilish orqali yanada yuqori natijalarga erishish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

[1]. Jihong Yu, Lin Chen, Kehao Wang. Finding Needles in a Haystack: Missing Tag Detection in Large RFID Systems. Wed, 16 Dec 2015.

[2]. Babajanov E.S.; Toliev Kh.I, A Multi-Parameter Algorithm for Retagging Lost Animal RFID tags for PLF Platform. International Scientific and Practical Conference on «Actual Problems of Mathematical Modeling and Information Technology». Melville, New York. AIP Conference Proceedings. Vol.3147. 2024. –P. 050001-1–050001-8. <https://doi.org/10.1063/5.0210338>.

[3]. Babajanov E.S, Chorvachilik faoliyatini avtomatlashtirishda zamonaviy sensor va RFID texnologiyalarining tatbiqiy tahlili. «Muhammad al-Xorazmiy avlodlari» jurnali №3(21) 2022

[4]. Babajanov E.S, RFID kontaktsiz radiochastotali identifikatsiyalash tizimlarining ahamiyati. «Tabiiy fanlarni rivojlantirishda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining o'rni» Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi maqolalar to'plami. Qoraqalpoq davlat 2017. universiteti. 9-noyabr, 2021-yil. . –B. 230-236

[5]. B. H. Bloom. Space/time trade-offs in hash coding with allowable errors. *Communications of the ACM*, 13(7):422–426, 1970

[6]. T. Li, S. Chen, and Y. Ling. Identifying the missing tags in a large RFID system. In *ACM MobiHoc*, pages 1–10. ACM, 2010.

[7]. <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/541378/>

[8]. https://en.wikipedia.org/wiki/Bloom_filter#:~:text=In%20computing%2C%20a%20Bloom%20filter,a%20member%20of%20a%20set.